

多相交流放電プラズマを応用した 複数枚大口径基板の表面処理技術

富山県立大学 工学部 知能デザイン工学科
准教授 松本 和憲

研究背景

IT社会進展に伴う半導体チップや各種電子基板の大量需要



基板の大口径化および処理スピードの高速化による大量生産



従来の枚葉式プラズマ処理装置のスピードの限界



大サイズ基板を複数枚大量に処理できる
プラズマ処理装置の開発ニーズ



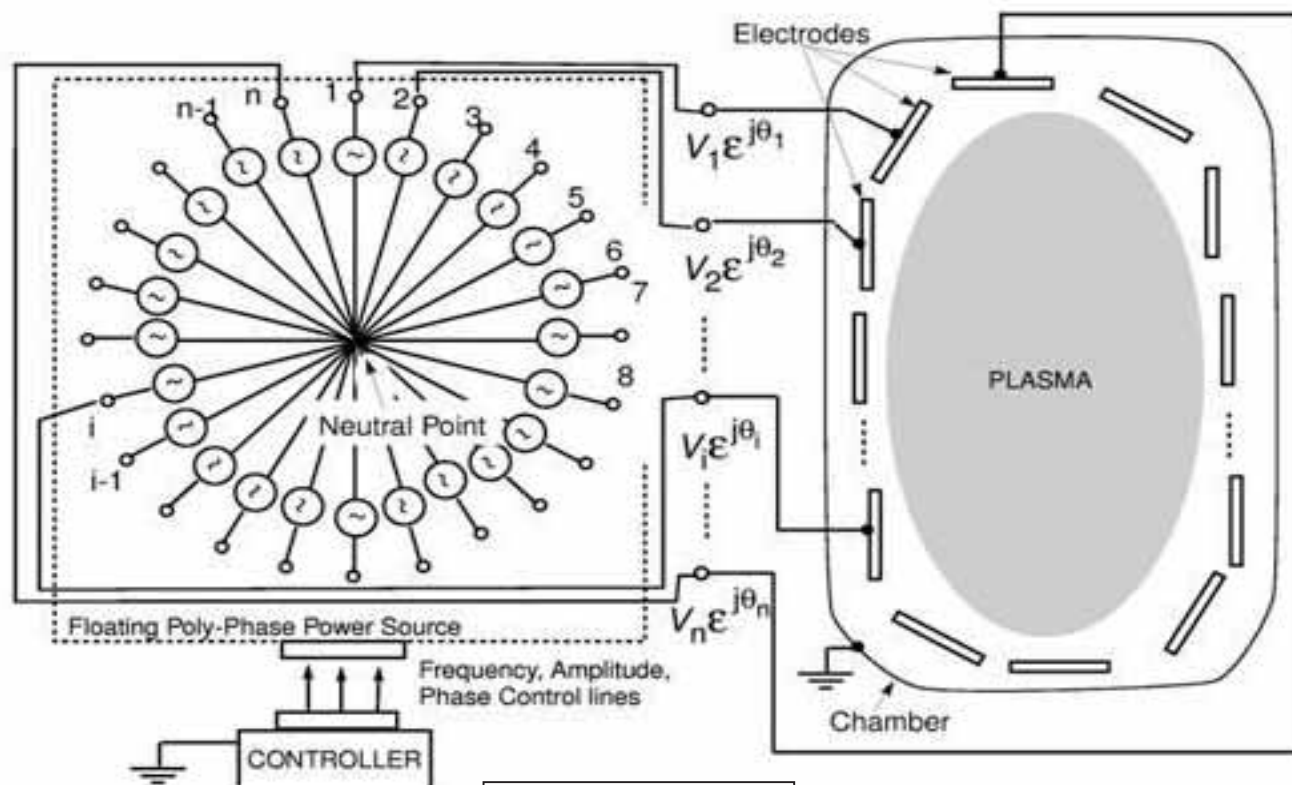
本研究の目的は、多相交流プラズマ生成独自技術を応用し、
バッチ式プラズマ表面処理装置を開発することである。

新技術の基となる研究成果・技術

多相交流放電プラズマ発生法 (米国特許取得済):

複数に分割した電極へ位相が異なる交流電圧を加え、電極間に休止の無い放電を発生させ、電極間で囲まれた広い領域に均一なプラズマを発生させる技術。

United States Patent [19] Patent Number: 5,932,116
Matsumoto et al. [45] Date of Patent: Aug. 3, 1999



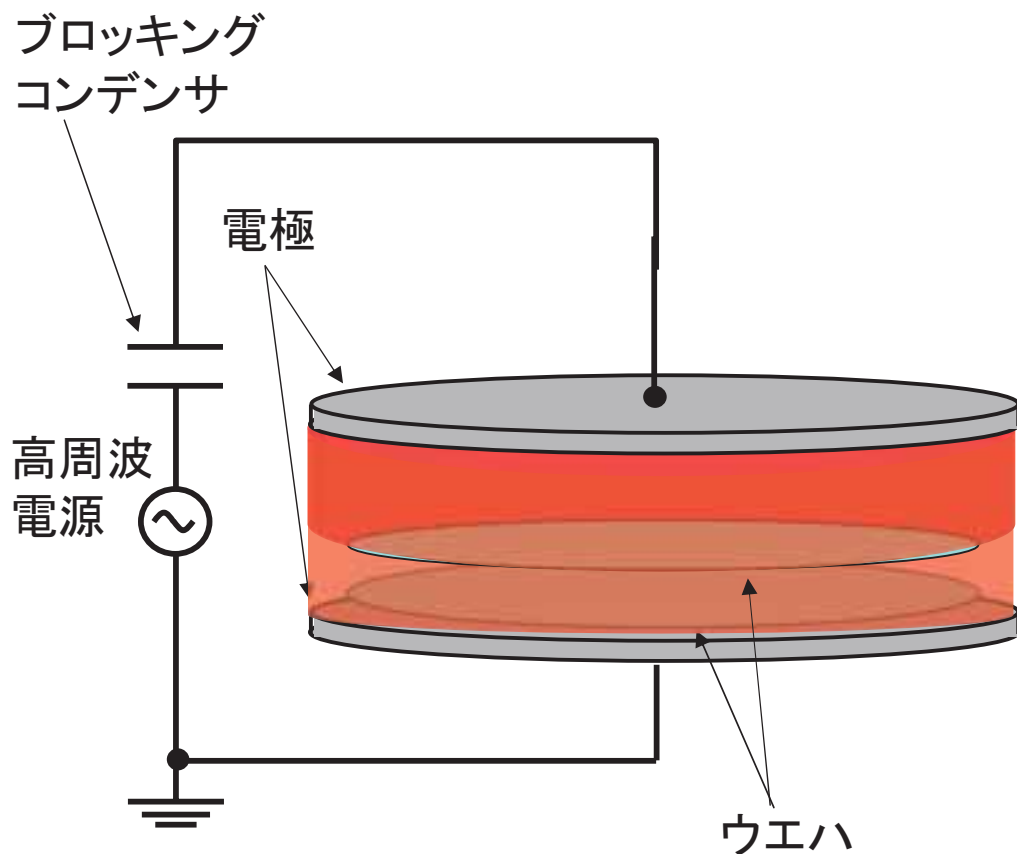
発生法モデル

多相交流放電プラズマ発生法の特徴

1. 低周波にもかかわらず放電休止の無い、時間変動の小さい直流的なプラズマが生成される。
2. 複数の電極へ時間分割的に分散給電され、広範囲な領域に時間平均的に均一なプラズマが生成される。
プラズマが電源周波数で回転(移動)しながら生成される。
3. 周波数(<100kHz)が低く、電源が容易に低コストで大容量化され、大体積のプラズマが低コストで生成される。

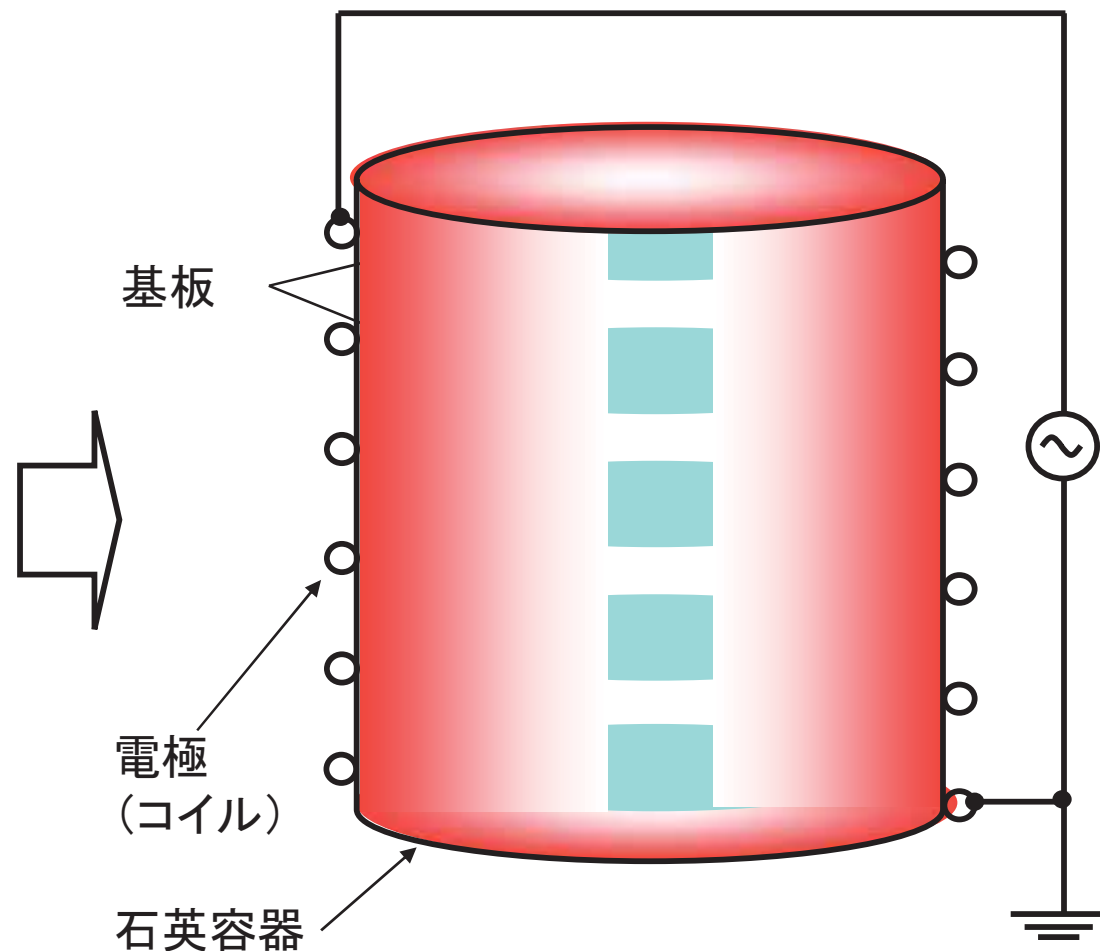
技術内容の紹介

従来技術とその問題点



(a) 枚葉式

- ・同時に複数枚の基板処理が困難

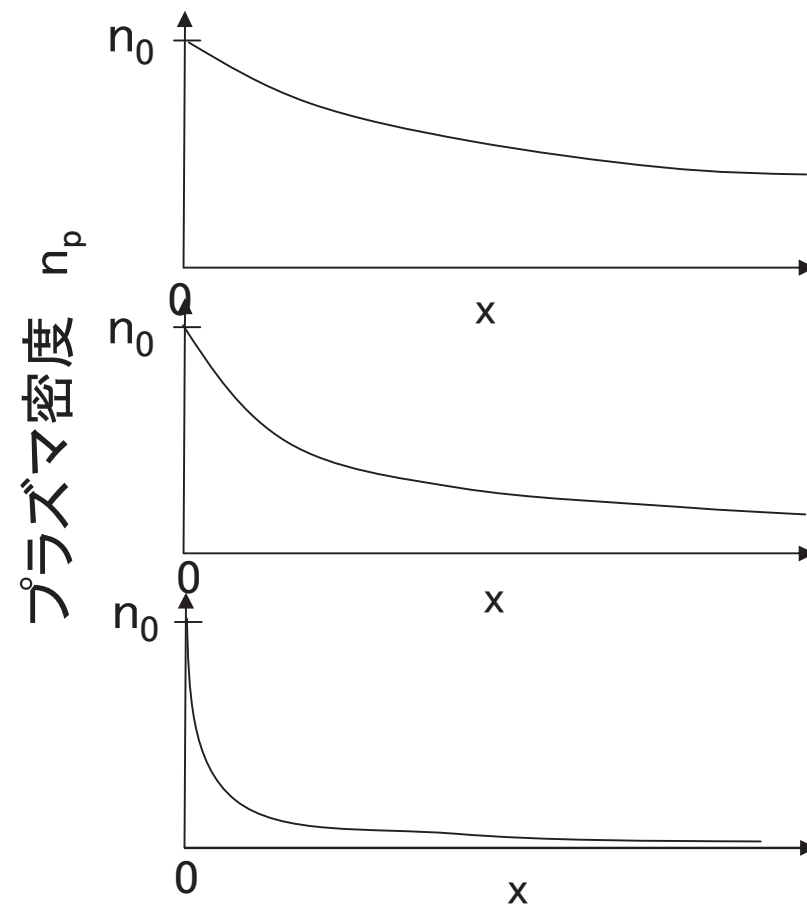
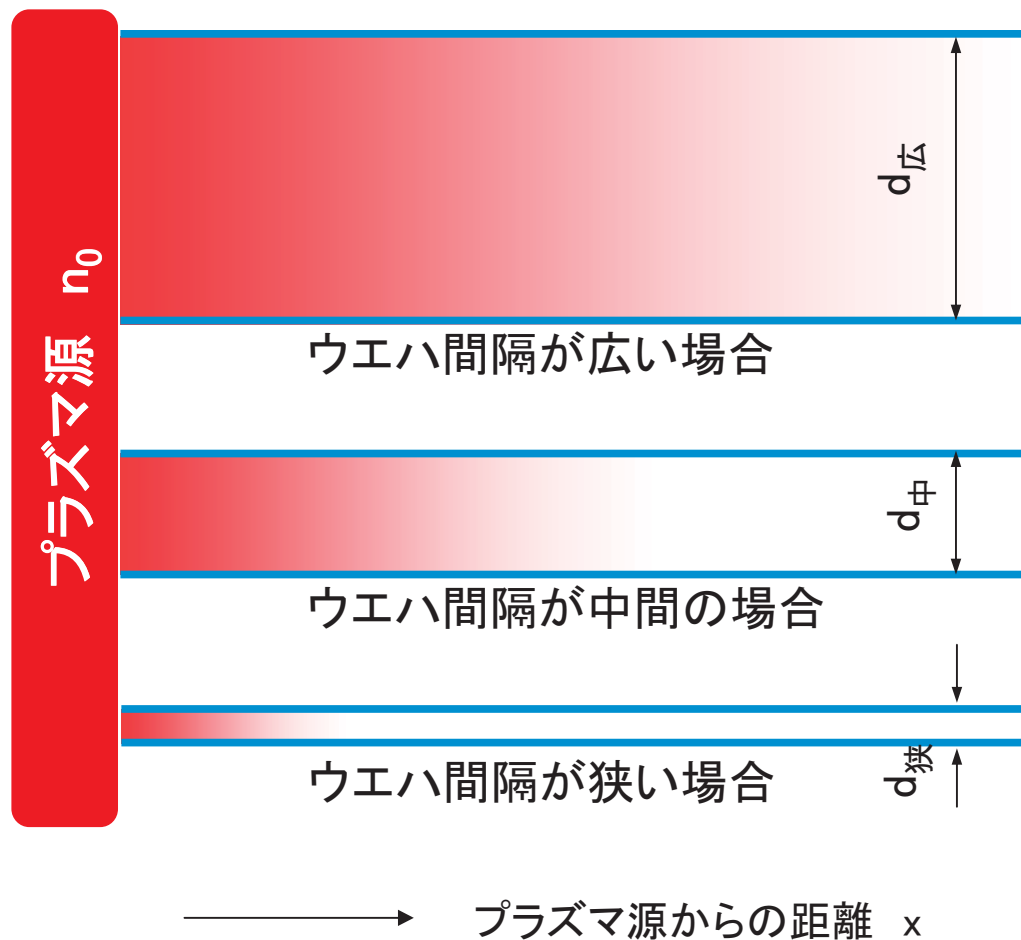


(b) バッチ式

- ・基板間隙における一様化が困難

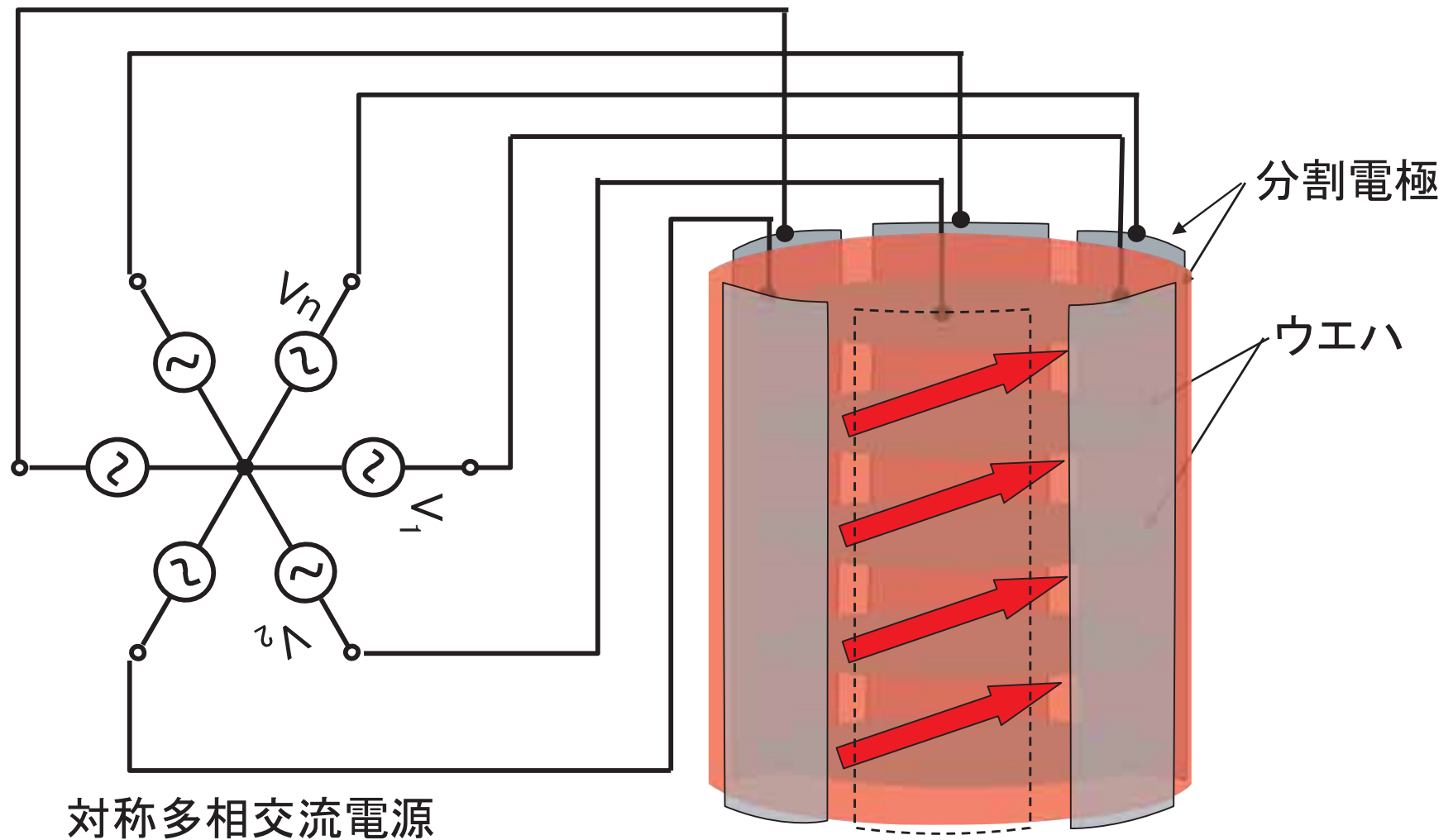
プラズマの狭い領域への困難な拡散

$$n(x, y) = N_0 e^{-\sqrt{\frac{\pi}{d}}x} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{d}y\right)$$



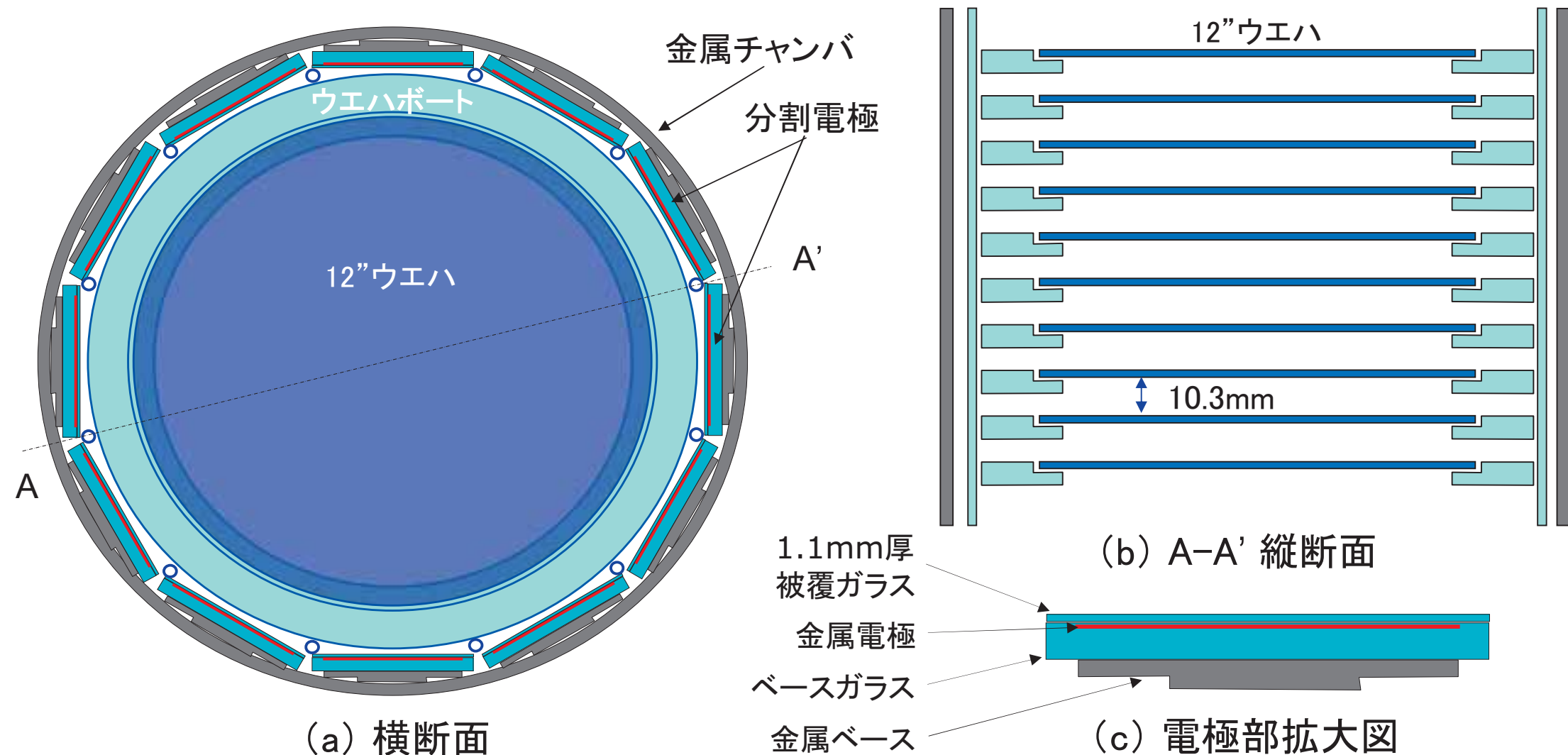
- ・ウエハ間隙が狭くなるにつれて拡散は減少する。

多相交流放電プラズマ応用の提案



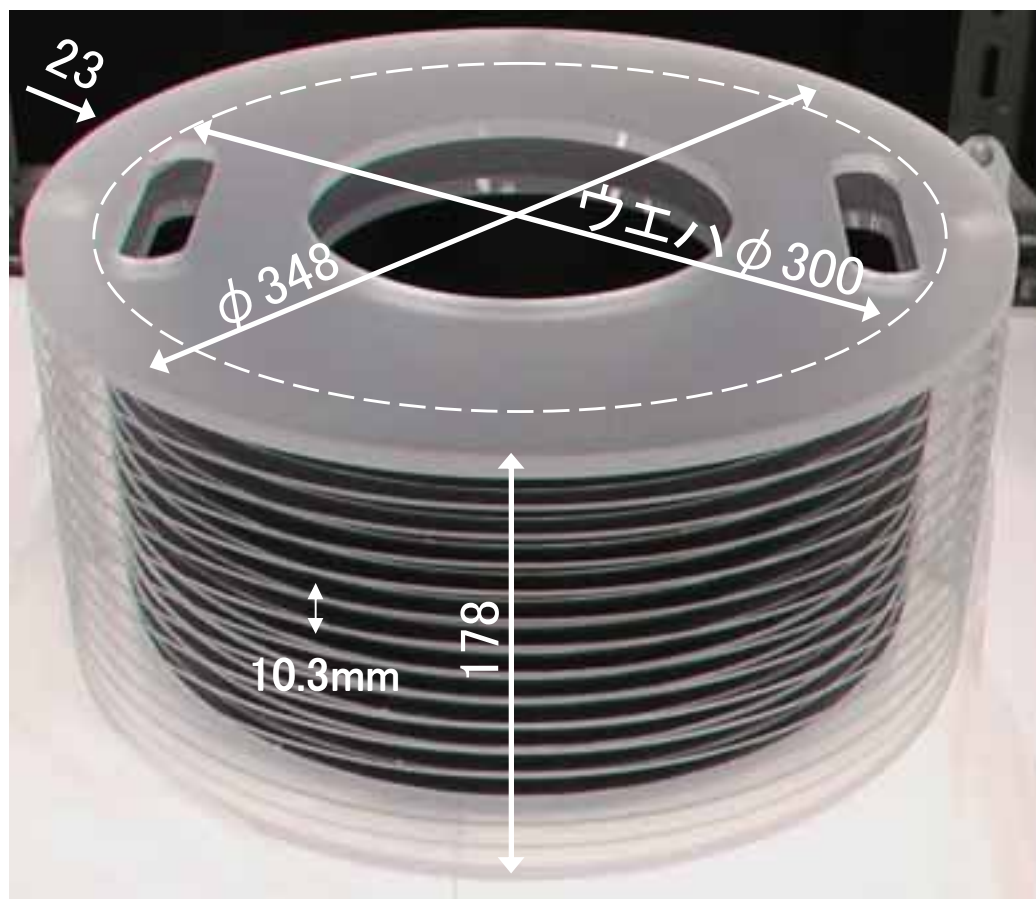
- ・ウエハ間隙間に均一なプラズマの生成が可能である。

実験装置概要

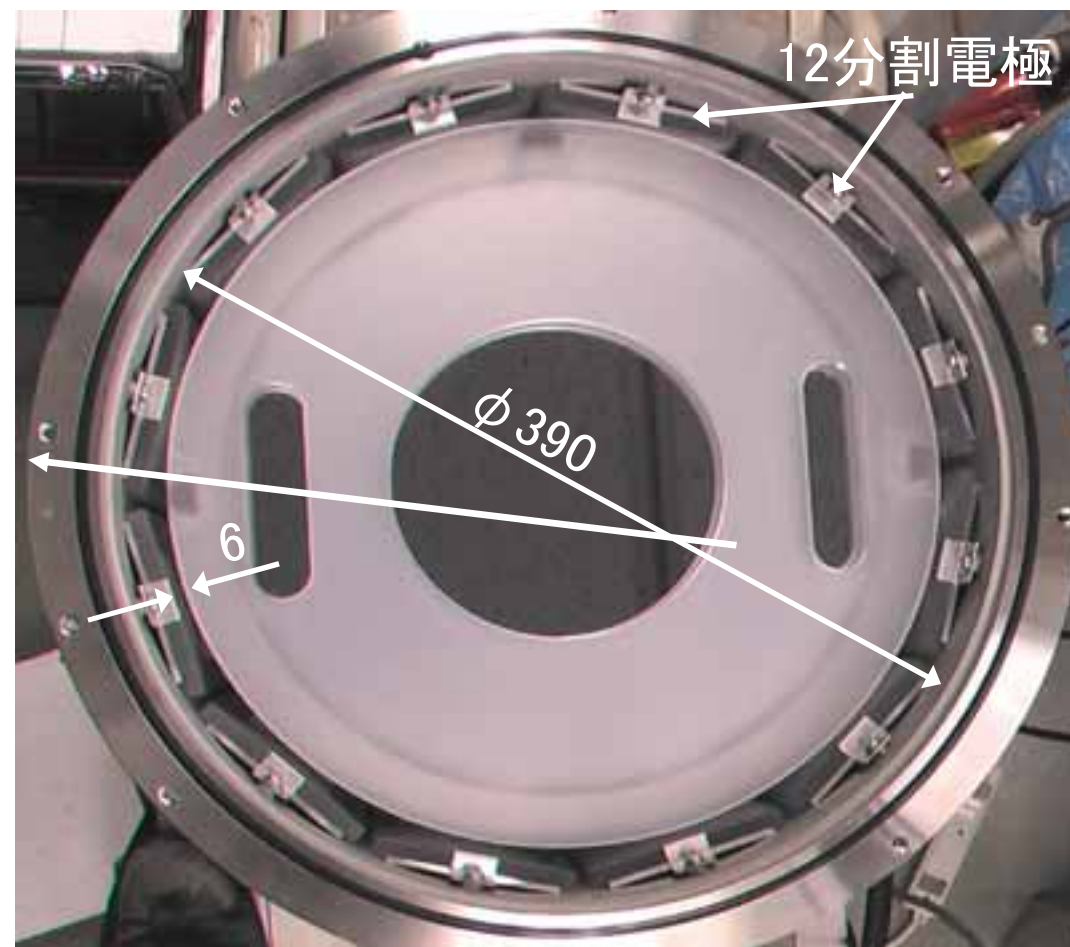


・12インチウエハを10.3mm間隔で14枚一括セットする。

装置写真



(a) 石英ボート



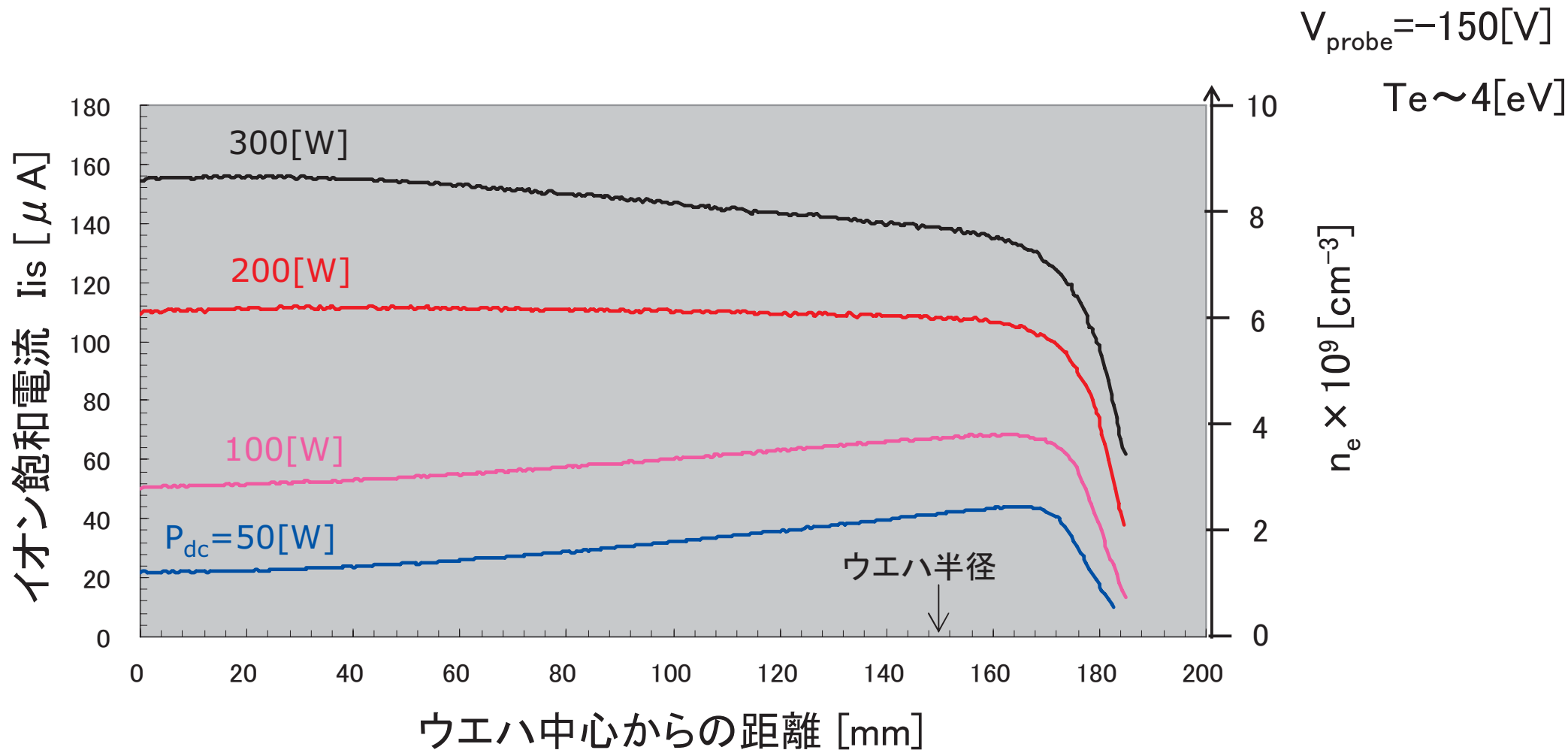
(b) チャンバ

・隣り合う電極間にガラス管を挿入し、電界集中による局所放電を抑制した。

2-1 基板無装着の場合

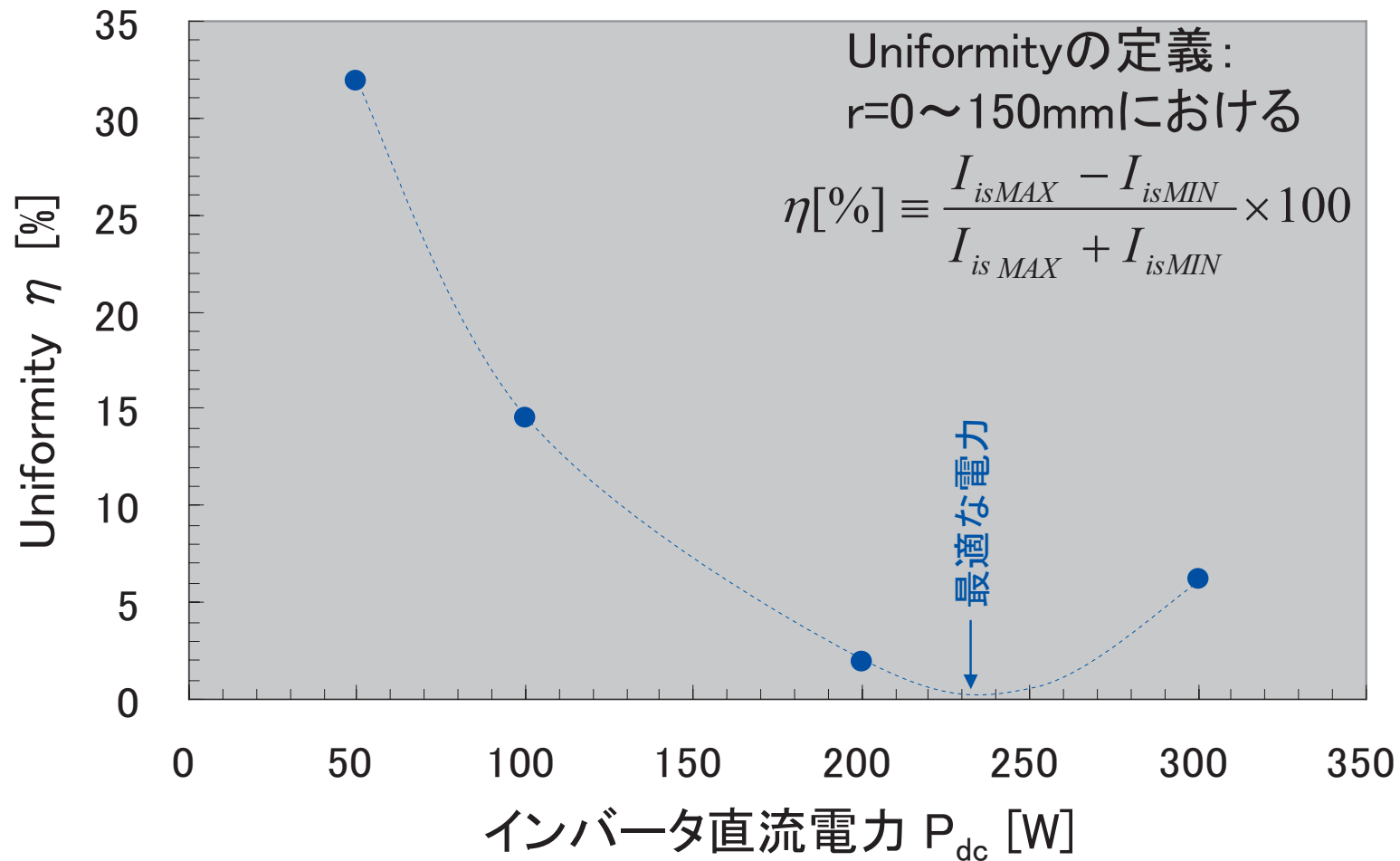
半径方向のプラズマ密度分布 その1

圧力15[Pa]一定で、交流放電電力を変化



- ・入力電力が大きくなると中央部が盛り上がり、一様性度が変化する。

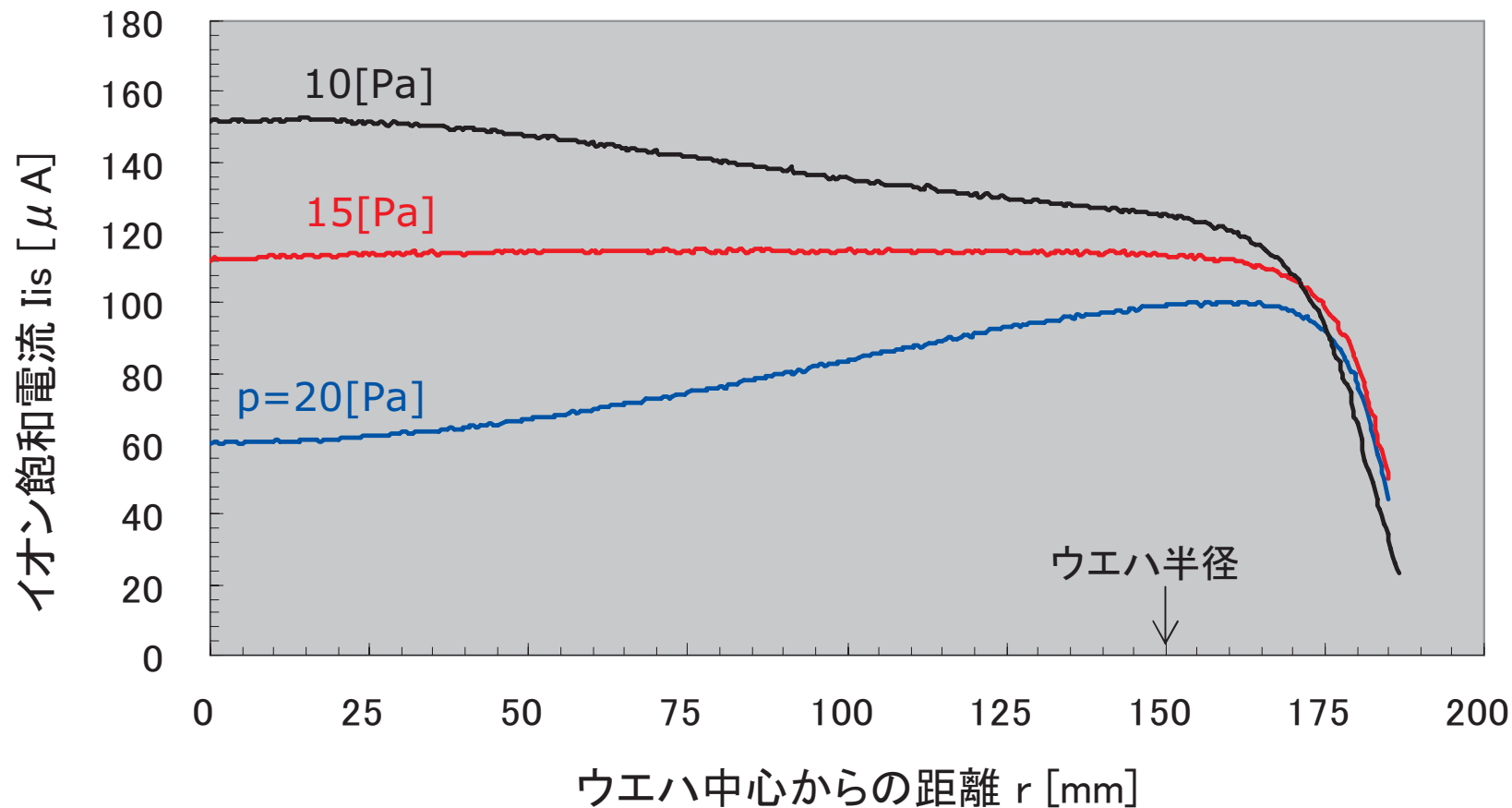
半径方向の均一性度(イオン飽和電流)



- ・ 完全な一様性度が得られる最適の入力電力が存在する。

半径方向のプラズマ密度分布 その2

放電電力($P_{dc} = 200[W]$)一定で、圧力を変化

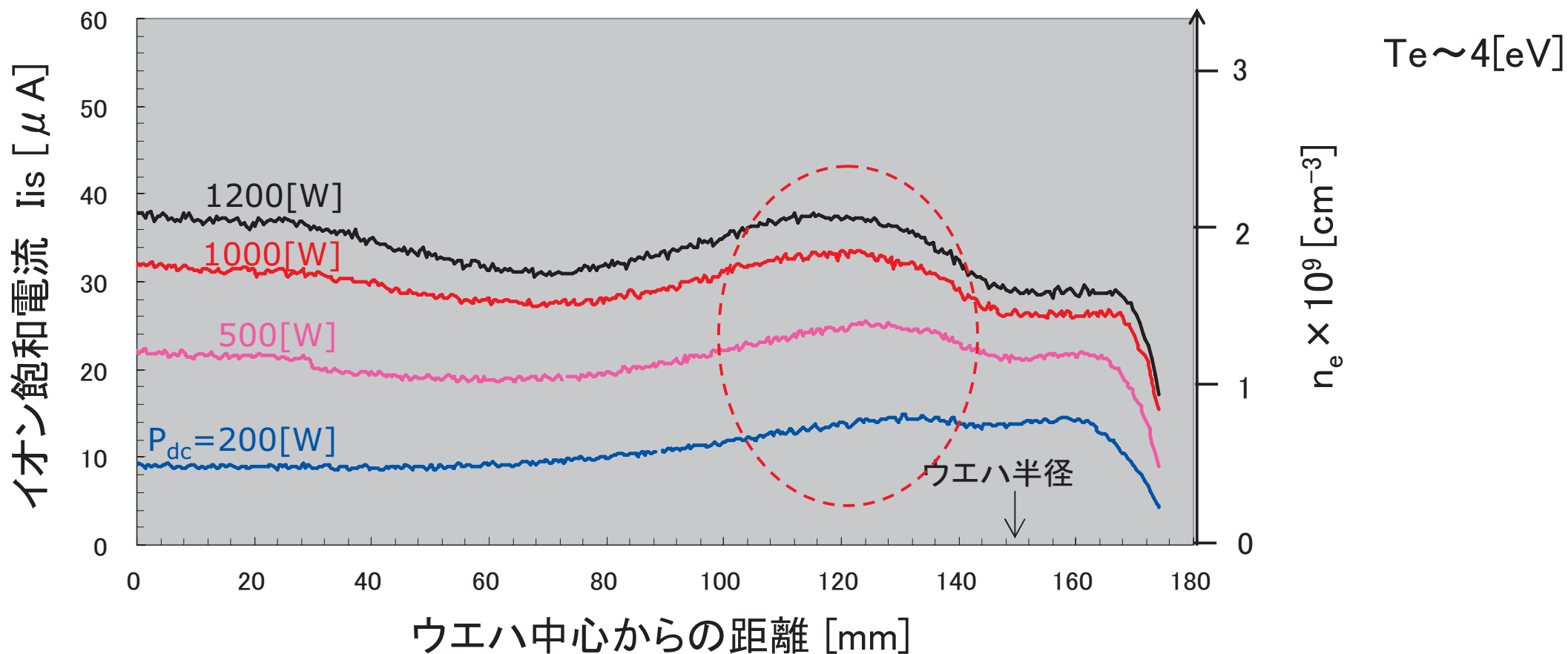


- ・圧力が下がると中心部が盛り上がり、一様性度に対して最適な圧力が存在する。

2-2 基板装着の場合

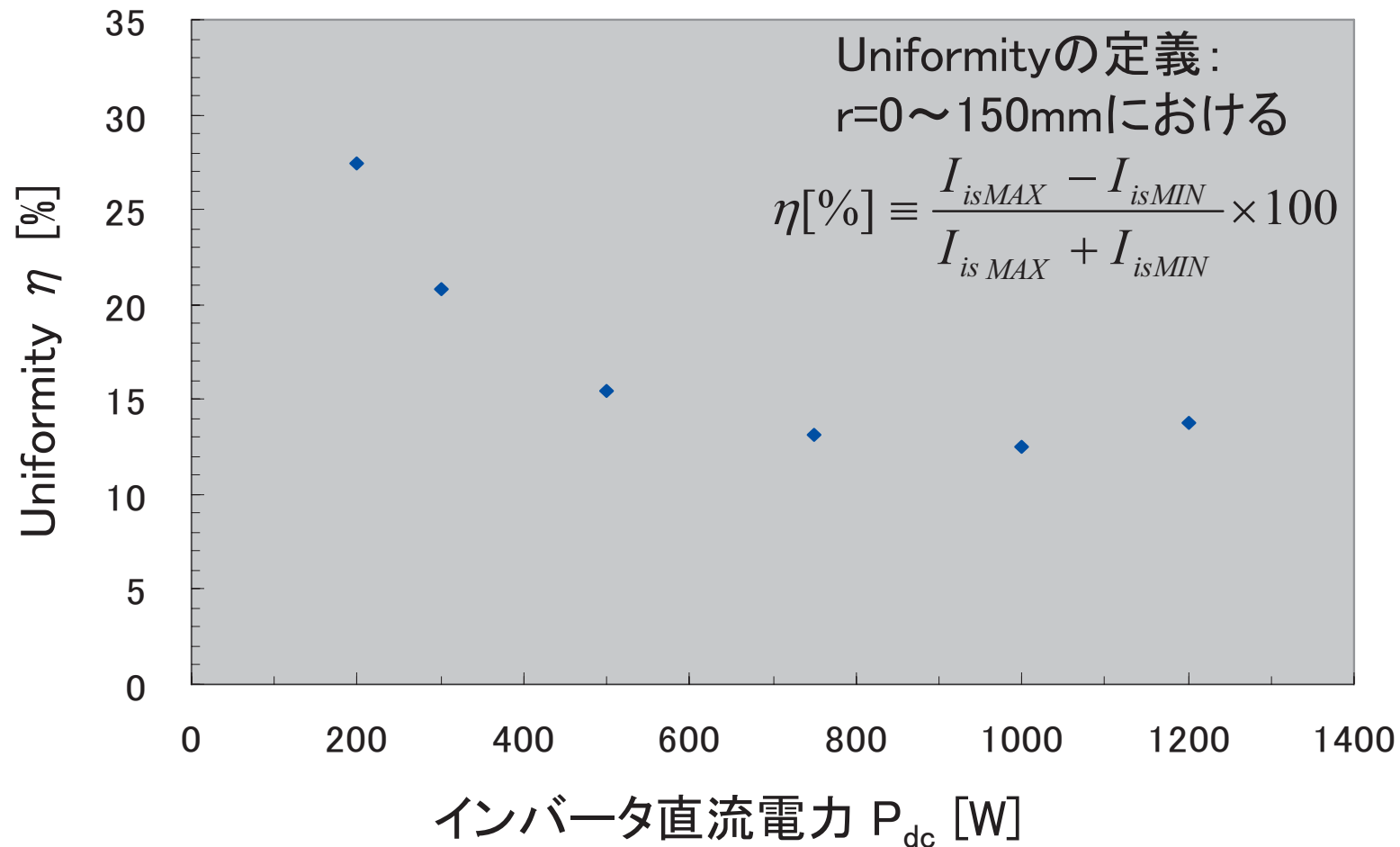
半径方向のプラズマ密度分布 その1

圧力15[Pa]一定で、交流放電電力を変化



- ・ウエハ無しの場合に比べ、イオン飽和電流の値が凡そ1/10に小さくなった。
- ・入力電力が大きくなると、中央部および半径120mm付近が盛り上がった。
- ・ウエハ無しの場合に比べ、一様性度が悪くなった。

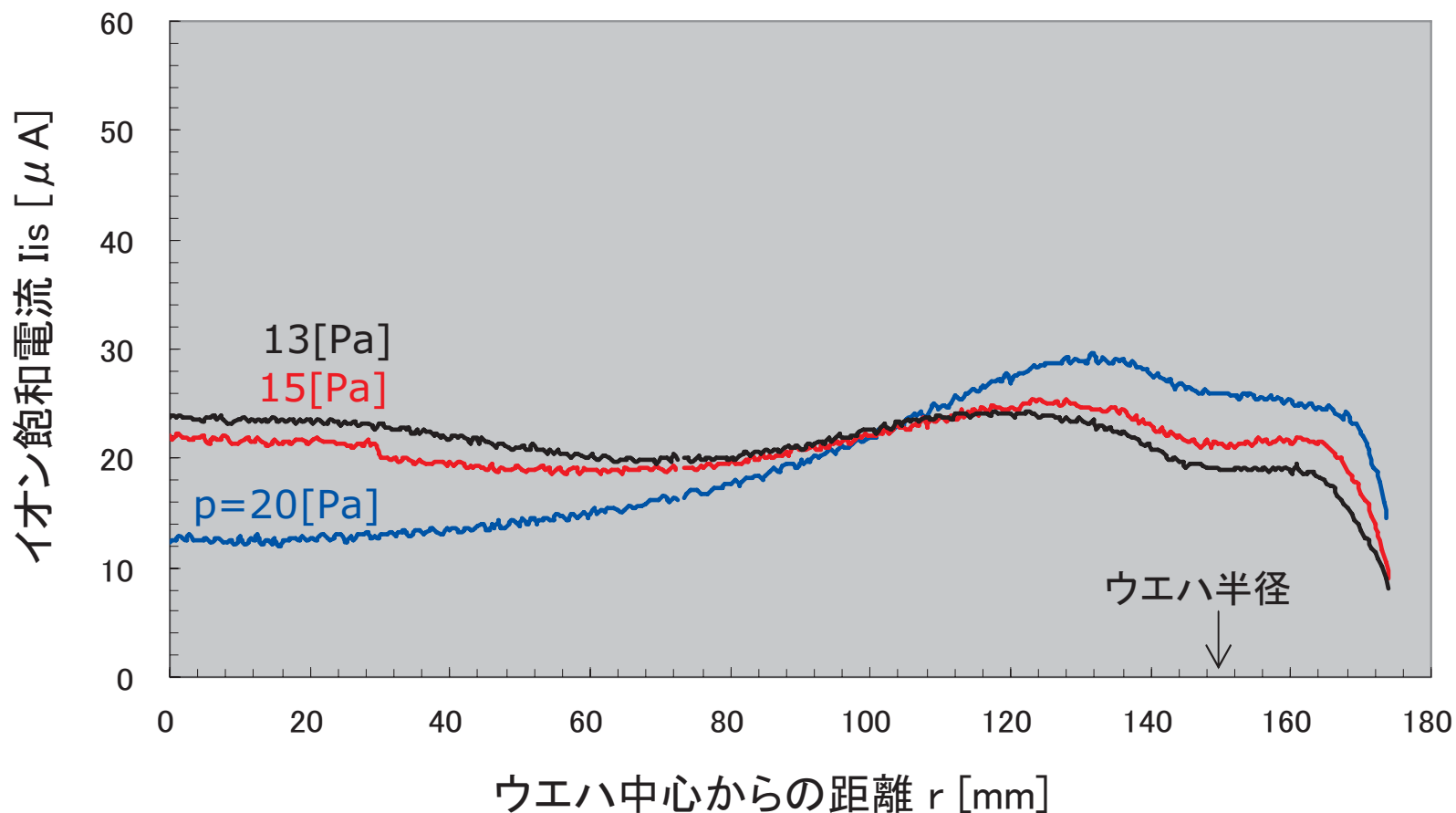
半径方向の均一性度(イオン飽和電流)



- ・最良の一様性度が12%となった。
- ・一様性度が零となる最適の入力電力が存在しなくなった。

半径方向のプラズマ密度分布 その2

放電電力($P_{dc} = 200[W]$)一定で、圧力を変化



- ・圧力が下がると、中心部は盛り上がる。
- ・半径120mm付近のコブの存在により、最良の一様性度が12%となった。

達成度評価

パラメータ	目標値	達成値	評価
電極タイプ	ガラス被覆厚 1.0mm	1.1	◎
ウエハ間隔	9.5mm	9.5	◎
プラズマ密度	$\geq 10^9 \text{cm}^{-3}$	$\geq 10^9$	○
プラズマ密度の一様性	$\leq 5\%$	12	× ~ △
電子温度	$< 5 \text{eV}$	< 5	○
膜厚均一性	$\leq 2\%$	12	× ~ △
膜厚	$\geq 18 \text{Å}$	18	○
放電電圧 $V_{s,pp}$	$\leq 1500 \text{V}$	≤ 1600	△

新技術の特徴・従来技術との比較

- ・ 従来技術の問題点であった、電極と並行方向に放電電界を生成することに成功した。
- ・ 従来の単相の高周波並列給電法では、基板の間隔が大きい場合に使用が限られていたが、本方法では、10mm程度の狭い間隔でも適用が可能となった。
- ・ 本技術の適用により、12インチ以上の大サイズの基板を100枚規模で一括してプラズマ表面処理ができるため、枚様式よりコストが削減されることが期待される。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすために、大口径円形或いは大サイズ長方形基板のバッチ式プラズマ表面処理装置に適用することで、処理能力が大幅に向上するメリットが大きいと考えられる。
- 具体的には、高精度のプラズマ表面洗浄装置や表面改質といった分野や用途に相当であると思われる。
- また、達成された大きさと一様性度に着目すると、幅広の巻き取り式の繊維やフィルムなどの高精度のプラズマ表面洗浄・表面改質といった分野や用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- ・ 現在、口径30cmのシリコン基板を12枚使用してのプラズマ窒化処理は、プラズマ密度の一様性度 $\pm 10\%$ 程度まで処理可能なところまで開発済み。しかし、放電発生に伴う電極加熱の冷却の点が未解決である。
- ・ 今後、電極の温度特性データを取得し、長時間の使用に適用していく場合の冷却機構の条件設定を熱流理論に基づき行っていく。
- ・ 高精度の空間的一様性が必要な実用化に対しては、プラズマ密度の一様性度を $\pm 5\%$ まで向上できるような技術を確立する必要がある。

企業への期待

- 未解決の電極冷却については、熱流設計技術により克服できると考えている。
- プラズマ処理技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、プラズマ処理装置を開発中の企業、プラズマ洗浄、プラズマ表面改質分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

発明の名称：プラズマ処理装置，

出願番号：特願2007-101160号

出願人：富山県立大学

発明者：松本和憲、江原遼一、八島伸二

問い合わせ先

**富山県立大学 地域連携センター
コーディネーター 定村 茂**

TEL 0766-56-7500 (内線378)

FAX 0766-56-6182

e-mail jomura@pu-toyama.ac.jp